Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Pacifique **Réponse des Sciences 2018/043**

EXAMEN DE L'UTILISATION DE DISPOSITIFS DE RECOMPRESSION COMME OUTILS POUR RÉDUIRE LES EFFETS DES BAROTRAUMATISMES CHEZ LES SÉBASTES EN COLOMBIE-BRITANNIQUE

Contexte

Le sébaste du Pacifique (genre *Sebastes*) présente de hauts taux de barotraumatismes lorsqu'il est ramené à la surface de l'océan, étant donné qu'il a une vessie natatoire interne, ou physocliste. Bien que bon nombre d'organismes gouvernementaux recommandent l'utilisation de dispositifs de descente qui permettent de remettre à l'eau à la bonne profondeur les poissons capturés dans des pêches récréatives et qui présentent un barotraumatisme, peu de recherches ont été menées sur l'utilisation de tels dispositifs et sur la survie des poissons recomprimés en Colombie-Britannique.

Gestion des pêches a demandé au Secteur des sciences de fournir un avis pour éclairer les décisions concernant des stratégies de gestion de la pêche récréative visant à réduire la mortalité chez les sébastes. Cet avis devrait être conforme à la politique du « *Cadre pour la pêche durable* » (CPD) du MPO et à la politique du « *Cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution* » (AP).

Objectifs

La réponse des Sciences doit servir à formuler des avis à propos des objectifs suivants :

1. Passer en revue l'état des connaissances concernant les effets des barotraumatismes sur les sébastes et la capacité des dispositifs de recompression à diminuer la mortalité des poissons relâchés à court et à long terme.
2. Documenter les types de dispositifs de descente et ce qu'on sait sur chacun d'eux.
3. Synthétiser les résultats des études concernant chaque espèce qui fréquente les eaux de la Colombie-Britannique.
4. Donner des conseils concernant les lacunes et l'incertitude en matière de recherche.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences de juin 2018 sur l'Examen de l'utilisation de dispositifs de recompression comme outils pour réduire les effets des barotraumatismes sur les sébastes en Colombie-Britannique.

Renseignements de base

Les sébastes (genre *Sebastes*) représentent un groupe riche en espèces, plus de 102 espèces différentes étant recensées dans le monde, dont au moins 38 dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique (C.-B.). Ces espèces partagent des caractéristiques du cycle biologique, une physiologie et des caractéristiques morphologiques générales communes (Love et al. 2002). Pêches et Océans Canada (MPO) a classé les sébastes en trois catégories d'après la répartition des profondeurs le long de la côte. Les espèces de la pente (15 espèces) sont

généralement rencontrées dans des eaux profondes (100 à 2 000 m) et sont les plus abondantes dans les régions plus au nord du plateau continental. Les espèces du plateau (15 espèces) sont rencontrées à des profondeurs s'échelonnant entre 0 et 600 m et se tiennent principalement près du bord du plateau continental. Les espèces des zones côtières (8 espèces) sont les plus nombreuses à de faibles profondeurs (0 à 200 m) dans des zones rocheuses affichant de hauts reliefs au fond. Ces espèces de sébastes des zones côtières sont visées par des pêches commerciales, récréatives et autochtones, tandis que les poissons du plateau et de la pente sont visés par des pêches commerciales au chalut et par des pêches à la ligne et à l'hameçon.

Les espèces des zones côtières de la C.-B. (sébaste aux yeux jaunes, sébaste cuivré, sébaste-tigre, sébaste à bandes jaunes, sébaste à dos épineux, sébaste noir, *sébastes diaconus* (anciennement sébaste bleu (Frable et al. 2015) et sébaste brun) sont, comme d'autres espèces de sébastes, longévives (certaines présentant une durée de vie dépassant 100 ans), atteignent la maturité à un âge tardif, affichent un domaine vital de faible superficie et font preuve d'une haute fidélité au site. Les sébastes sont vivipares, les femelles les plus grandes et les plus âgées apportent une contribution significative aux populations en donnant naissance à plus d'un million de larves au cours d'une seule saison de reproduction (Love et al. 2002). La plupart des poissons osseux possèdent un organe hydrostatique appelé une vessie gazeuse qui est utilisé pour le contrôle de la flottabilité et, dans certains cas, pour la production de sons. Contrairement à certaines autres espèces de poissons, les sébastes présentent une vessie natatoire qui n'est pas reliée à l'estomac, ce qui signifie que la libération ou l'absorption d'air se produit par diffusion dans le (pour la libération) ou à l'extérieur du (pour l'absorption) flux sanguin par l'entremise d'un réseau spécialisé de vaisseaux sanguins appelés *rete mirabile*. Le taux d'enlèvement du gaz est ainsi dépendant du débit sanguin et n'est pas instantané (Parker et al. 2006). Les poissons qui présentent une vessie gazeuse fermée (non reliée à l'estomac) sont nommés « physoclistes ». Ces caractéristiques de la reproduction, du cycle biologique et de la physiologie rendent les sébastes des zones côtières vulnérables aux impacts de niveaux même modérés de pêche localisée, et les déclins connexes des populations pourraient demander des années pour s'inverser.

Les populations de sébastes que l'on rencontre le long de la côte ouest de l'Amérique du Nord, y compris en C.-B., ont affiché des déclins considérables depuis l'avènement des méthodes de pêche industrielles (Parker et al. 2000, Yamanaka and Logan 2010). En 2002, le MPO a annoncé le lancement d'une stratégie visant la conservation des sébastes des zones côtières, laquelle comprenait des mesures permettant de rendre compte de toutes les prises, y compris les prises accessoires et les rejets, de réduire la mortalité par pêche, d'établir des zones fermées à toutes les pêches et d'améliorer les évaluations et la surveillance des stocks (Yamanaka et Logan 2010). La prise en considération des prises accessoires et des rejets et la fermeture de zones étaient des aspects importants de la stratégie de conservation, car les sébastes rejetés présentent de hauts taux de mortalité qui sont associés aux effets de décompression liés à leur incapacité physiologique d'expulser rapidement les gaz à partir de leur vessie natatoire, tel que décrit ci-devant.

Le volume d'un gaz augmente avec la diminution de la pression, ainsi, lorsqu'un physocliste est rapidement ramené à la surface, sa vessie natatoire s'agrandit, et il souffre d'un barotraumatisme. Le changement de volume de la vessie natatoire est plus important dans les eaux peu profondes que le changement de volume que l'on observe lors d'un même changement absolu de la profondeur dans des eaux plus profondes. Cela crée une zone étroite de flottabilité neutre dans des eaux peu profondes, laquelle se traduit par des limitations des déplacements naturels verticaux des poissons. Cela entraîne également des blessures liées à des décompressions forcées lorsqu'un poisson est ramené à la surface dans le cadre d'une

pêche, même si celle-ci est pratiquée dans des eaux relativement peu profondes (Parker et al. 2006).

Outre les effets physiologiques des barotraumatismes, qui sont traités ci-après, les sébastes qui sont ramenés à la surface et rejetés flotteront, car ils sont souvent dans l'impossibilité de retourner dans les profondeurs, et seront, en conséquence, vulnérables face au risque de prédation de la part d'oiseaux et de mammifères marins (Hannah et al. 2008a). Ainsi, la pratique de la pêche avec capture et remise à l'eau n'est pas un outil de gestion approprié des sébastes. Les gestionnaires de la pêche au poisson de fond considèrent que la mortalité des sébastes relâchés dans le cadre de pêches récréatives et commerciales est de 100 %. Cependant, la remise à l'eau des sébastes est interdite en tant que condition des permis de pêche commerciale, et cette interdiction est mise en application grâce à la surveillance électronique et embarquée et à des programmes de vérification (DFO 2017). La mortalité des poissons rejetés et les effets sublétaux des barotraumatismes chez les sébastes doivent être pris en considération au moment de mettre en place des mesures de gestion comme l'utilisation d'aires de conservation du sébaste (ACS) et d'autres zones fermées à la pêche, tenant compte de toutes les prises, y compris les prises accessoires et les rejets (Yamanaka and Logan 2010). La mortalité chez les poissons relâchés a également mené à l'élaboration d'une directive, nommée Gardez vos prises, en vertu de laquelle les pêcheurs à la ligne doivent conserver les sébastes, quelle que soit leur taille, jusqu'à ce que la limite quotidienne soit atteinte, et se déplacer vers un autre lieu de pêche pour éviter de capturer des sébastes au lieu de les remettre à l'eau.

Le recours à des dispositifs de recompression (Theberge and Parker 2006, Chen 2012), qui permettent de renvoyer les sébastes depuis la surface vers les profondeurs où ils ont été capturés, est actuellement exploré pour les eaux côtières de la C.-B., en tant que méthode d'atténuation visant à réduire la mortalité chez les sébastes remis à l'eau. Bon nombre d'administrations américaines (Benaka et al. 2014) recommandent que les pêcheurs récréatifs utilisent des dispositifs de descente, et ceux-ci sont devenus obligatoires dans certains États (Washington et Orégon). Les dispositifs de descente sont disponibles dans le commerce et peuvent être fabriqués par les pêcheurs eux-mêmes. De nombreuses études ont été menées à bien pour évaluer l'efficacité de la recompression chez différentes espèces de sébastes (Parker et al. 2006, Hannah and Matteson 2007, Jarvis and Lowe 2008, Hochhalter and Reed 2011, Pribyl et al. 2011, Hannah et al. 2014, Rankin et al. 2017). La plupart de ces études ont été axées sur la mortalité qui survient immédiatement après la remise à l'eau, mais un petit nombre d'entre elles ont examiné les impacts sublétaux à plus long terme des barotraumatismes sur des poissons individuels.

Dans le but d'effectuer le présent examen, on a réalisé une recherche documentaire et passé en revue l'information qui a été présentée à l'atelier portant sur la recompression du sébaste qui s'est tenu le 28 octobre 2016 au Morris J. Wosk Centre for Dialogue, de la Simon Fraser University, à Vancouver, en C.-B. L'information qui a été présentée à la séance de la Western Groundfish Conference, laquelle s'est tenue le 13 février 2018, et qui portait sur l'utilisation de dispositifs de descente, a également permis d'étayer ce travail.

La recherche documentaire a présenté certaines limites du fait que peu de recherches ont été menées sur les effets des barotraumatismes et sur l'utilisation de la recompression en C.-B., de sorte qu'on a dû effectuer des extrapolations à partir de recherches menées ailleurs, notamment aux États-Unis. Certaines des recherches sur les barotraumatismes chez les sébastes ont été menées en Californie et, ainsi, sont axées sur des espèces plus méridionales que l'on ne trouve pas en C.-B. Cependant, des recherches menées en Orégon, dans l'État de Washington et en Alaska présentent davantage de pertinence pour une extrapolation aux sébastes qui fréquentent les eaux de la C.-B.

Analyse et réponse

Études sur les barotraumatismes et la recompression chez le sébaste

On a étudié les effets des barotraumatismes et de la recompression chez des sébastes qui ont été ramenés vers la surface, tant en laboratoire que sur le terrain (Parker et al. 2006, Hannah and Matteson 2007, Jarvis and Lowe 2008, Pribyl et al. 2011, Hannah et al. 2012, Pribyl et al. 2012). Ces études vont de travaux qui ont porté sur les blessures internes résultant du barotraumatisme et de la recompression qui sont immédiatement évidentes aux observations *in situ* du comportement en profondeur après le barotraumatisme et la recompression et à l'observation du comportement et de la capacité des poissons qui ont été décomprimés à redescendre lorsqu'ils sont remis à l'eau à la surface. Dans un petit nombre d'études, on a capturé, marqué et remis à l'eau des poissons de façon à étudier la survie à long terme après la recompression.

Profondeur de capture, variabilité entre les espèces et autres sources de variabilité touchant la survie

La gravité des barotraumatismes dont souffrent les sébastes en raison de la décompression forcée par la pêche est tributaire d'un certain nombre de facteurs corrélés, de même que la manière dont les poissons répondent au barotraumatisme et leurs chances de survie lorsqu'ils sont ou non ramenés vers les profondeurs. Le changement absolu de pression ou de profondeur que subissent les poissons détermine le changement de volume de leur vessie natatoire. Les blessures internes, dont des blessures cardiaques, des hématomes, des ruptures de la vessie natatoire et du péricarde, des hémorragies du foie et des blessures de l'appareil digestif affichaient un profil clair de gravité accrue lorsque la pression augmente d'après une étude menée en laboratoire sur la décompression du vivaneau (*Lutjanus campechanus*) dans le golfe du Mexique (Rummer and Bennett 2005). On a observé également que la profondeur à laquelle le poisson est capturé a une incidence significative sur la gravité des barotraumatismes et sur le comportement subséquent et la survie des sébastes (Hannah and Matteson 2007, Pribyl et al. 2011, Hannah et al. 2012, 2014). Cependant, la profondeur ne serait pas toujours une variable significative (Jarvis and Lowe 2008, Hochhalter and Reed 2011). L'incidence de la profondeur à laquelle les poissons sont capturés sur les barotraumatismes et sur la survie est compliquée par la sélectivité de profondeur des nombreuses espèces de sébastes, leur comportement et leur anatomie, ainsi que par l'effet confusionnel des changements de température qui coïncident avec un changement de la pression et de la profondeur. Pribyl et ses collaborateurs (2011) ont montré le rôle significatif que jouerait la profondeur à laquelle les poissons sont capturés dans la présence ou l'absence de signes macroscopiques de barotraumatisme chez des sébastes à dos épineux et des sébastes aux yeux jaunes. Des résultats semblables ont été obtenus par Jarvis et Lowe (2008), qui ont montré que l'augmentation de la profondeur à laquelle les poissons sont capturés s'accompagnait de signes croissants de barotraumatisme. Cependant, ces chercheurs ont trouvé que la profondeur n'était une variable explicative que partielle de la survie initiale après la décompression. Les différences entre les espèces sont souvent de meilleures variables explicatives de la survie que la profondeur, en raison de la variabilité de la morphologie de la vessie natatoire et d'autres adaptations propres à l'espèce liées à ses stratégies du cycle biologique (Hannah et al. 2008a, Jarvis and Lowe 2008, Pribyl et al. 2011).

Les nombreuses espèces de sébastes appartenant au genre *Sebastes* ont été décrites comme formant une bande d'espèces (Alesandrini and Bernardi 1999, Hyde and Vetter 2007). La spéciation des sébastes était vraisemblablement effectuée le long d'un gradient de profondeur (Ingram 2011). Ingram (2011) a montré que l'on pouvait observer un signal fort de

spéciation dans les habitats se trouvant en profondeur et dans les caractères qui permettent aux espèces de s'adapter à différentes profondeurs, comme la taille des yeux, qui résulterait d'une adaptation à des conditions de faible luminosité. On a également remarqué des différences morphologiques dans des caractères de la vessie natatoire comme la forme de la vessie et l'épaisseur de la membrane ainsi que des variations dans l'espace disponible dans la cavité corporelle pour l'expansion de la vessie natatoire chez différentes espèces, ce qui pourrait entraîner des différences propres aux espèces dans les barotraumatismes (Jarvis et Lowe 2008; Rummer et Bennett 2005).

Le cycle biologique a également une incidence sur la manière dont différentes espèces se sont adaptées aux changements de pression. Certaines espèces de sébastes qui se sont adaptées aux déplacements verticaux le long du gradient de pression affichent des capacités de sécrétion et de réabsorption plus rapides du gaz. Par exemple, le sébaste noir, une espèce semi-pélagique, est connu pour se déplacer verticalement en grands nombres ou en bancs au sein de la colonne d'eau. Le sébaste à bandes jaunes, au contraire, a tendance à se montrer plus solitaire, et vit sur des fissures rocheuses qui se trouvent au fond. Le sébaste noir présente un *rete mirabile* – un réseau spécialisé de vaisseaux sanguins interconnectés – beaucoup plus grand et plus développé et un contenu en globules rouges plus élevé que le sébaste à bandes jaunes démersal, ce qui permet des taux de transfert de gaz dans la vessie natatoire plus rapides tandis que la profondeur change fréquemment et rapidement (Parker et al. 2006). Parker et ses collaborateurs (2006) ont aussi observé des différences significatives entre des espèces après l'exposition à des pressions équivalentes à celles associées à des profondeurs de 30 m dans un caisson hyperbare expérimental, les sébastes noirs s'acclimatant (c.-à-d. affichant une flottabilité neutre) au bout de 48 heures, par comparaison avec le sébaste à bandes jaunes, qui avait besoin de plus de 250 heures pour s'acclimater. Pour que des poissons semi-pélagiques, comme le sébaste noir et le sébaste bleu, puissent effectuer des déplacements verticaux plus importants (tableau 1), ils doivent afficher une flottabilité neutre à une profondeur bien moindre que leur profondeur moyenne. Comme la profondeur à laquelle les poissons sont capturés pourrait être plus près de la profondeur à laquelle la flottabilité est neutre chez les espèces démersales, on pense que les individus semi-pélagiques capturés à la même profondeur pourraient afficher des barotraumatismes moins importants que les espèces démersales (Parker *et al.* 2006).

Le sébaste à queue jaune, une espèce pélagique qui effectue de grands déplacements verticaux, affiche de faibles taux de barotraumatismes, et l'on a observé des bulles de gaz émanant de la zone située sous son opercule durant l'ascension (Hannah et al. 2008b, Pribyl et al. 2009). Pribyl et ses collaborateurs (2009) ont utilisé des caissons hypobares pour simuler la décompression à partir d'une profondeur de 35 m et ont trouvé que, lorsqu'on comparait les sébastes noirs, bleus et à queue jaune, ces derniers étaient moins susceptibles que les deux premiers de souffrir de blessures macroscopiques et histopathologiques. Les sébastes à queue jaune ne présentaient aucun signe extérieur de barotraumatismes, sauf la présence de bulles de gaz dans la membrane pharyngo-cléithrale qui se trouve près des branchies. Les sébastes à queue jaune libèrent des gaz durant la décompression à partir de leur vessie natatoire et par l'intermédiaire de cette membrane, de sorte que le volume réduit de gaz dans la vessie natatoire n'engendre pas suffisamment de pression durant la décompression pour agrandir l'œsophage ou pour causer de l'exophtalmie. Les hypothèses concernant la manière dont une espèce compose avec les barotraumatismes ne sont pas toujours explicites. Par exemple, le sébaste à dos épineux est une espèce affichant un corps épais, qui présente un comportement démersal, avec de faibles niveaux de déplacements horizontaux et verticaux, ce qui donne à penser qu'elle aurait une capacité limitée de résister aux changements de pression; cependant, on a pu observer l'opposé (Hannah et al. 2008b, Pribyl et al. 2011).

Il est essentiel que l'on tienne compte de l'interaction entre les attributs morphologiques et physiologiques lorsqu'on examine la documentation scientifique sur ce sujet. Il existe des différences entre les espèces de sébastes au chapitre de leur survie aux barotraumatismes du fait de leur histoire évolutive et de leur phylogénie, de leur capacité physiologique à réagir à une décompression forcée, de différences d'ordre morphologique et de profils des cycles biologiques (Parker et al. 2006, Pribyl et al. 2011). Les différences au chapitre du cycle biologique, des niches, des habitats, des déplacements et des profondeurs de prédilection observées chez les espèces de sébastes des zones côtières et chez certaines espèces du plateau continental sont résumées au tableau 1, de sorte que l'on puisse considérer les effets des barotraumatismes en ayant à l'esprit ces caractéristiques.

*Tableau 1. Caractéristiques du cycle biologique chez les sébastes des zones côtières et chez les espèces du plateau que l'on trouve près du rivage en C.-B. Groupe (G) : ZC = zones côtières, PL = plateau Sous-genre (SG): a= Sebastosomus, b= Pteropodus, c= Sebastichthys, d= Sebastopyr, e= Rosicola, f= Hispaniscus, g=Acutomenthum, h=Sebastodes Niche : P = pélagique, B = benthique Déplacement : Hz = horizontal, V = vertical : I = important, M = modeste, F = faible, In = inconnu *On trouve les juvéniles dans des eaux peu profondes (Richards 1986, Matthews 1990, Love et al. 2002, Hyde and Vetter 2007, Hannah and Rankin 2011).*

G	SG	Espèce	Plage de profondeur (m)	Profondeur habituelle	Niche	Habitat	Taille maximale (cm)	Âge maximal	Déplacements Hz/V
ZC	a	Sébaste noir (*S. melanops*)	0-366	0-100	P	Varech, récifs présentant un relief élevé et faible, courant fort	69	50	M/M
ZC	a	Sébaste bleu/*S. diaconus* (*S. mystinus*/ *S. diaconus*)	0-549	0-90	P	Varech, relief élevé, récifs exposés	53	44	M/M
PL	a	Sébaste à queue jaune (*S. flavidus*)	0-549	90-180*	P	Relief élevé et murs de roches abrupts	66	64	I/I
ZC	b	Sébaste cuivré (*S. caurinus*)	0-183	0-90	B	Varech, chaos rocheux et récifs présentant des reliefs élevés et faibles	66	50	M/M
ZC	b	Sébaste à dos épineux (*S. maliger*)	0-274	0-150	B	Varech, chaos rocheux et récifs présentant des reliefs élevés et faibles, éponges	61	95	F/F
ZC	b	Sébaste à bandes jaunes (*S. nebulosus*)	3-128	10-100	B	Rochers présentant un relief élevé et courant fort	45	79	F/F
ZC	b	Sébaste brun (*S. auriculatus*)	0-135	0-120	B	Récifs présentant un relief élevé et faible, sable	56	34	F/F

G	SG	Espèce	Plage de profondeur (m)	Profondeur habituelle	Niche	Habitat	Taille maximale (cm)	Âge maximal	Déplacements Hz/V
ZC	c	Sébaste-tigre (*S. nigrocinctus*)	18-298	50-200	B	Relief élevé, récifs affichant une complexité élevée	61	116	F/F
ZC	d	Sébaste aux yeux jaunes (*S. ruberrimus*)	15-549	50-200*	B	Relief élevé, récifs affichant une complexité élevée	91	118	F/F
PL	e	Sébaste vermillon (*S. miniatus*)	6-436	50-300	B	Rochers présentant un relief élevé	76	60	F/F
PL	e	Sébaste canari (*S. pinniger*)	0-838	100-200*	B	Pinacles coralliens, rochers élevés et exposés	76	84	I/I
PL	f	Sébastes à bandes vertes (*S. elongatus*)	12-495	100-250	B	Blocs rocheux, galets, moellons de roche, vase	43	54	In/In
PL	g	Veuve (*S. entomelas*)	24-549	140-210	P	Bancs sur des affleurements rocheux, blocs rocheux et relief élevé	59	60	In/I
PL	h	Sébaste bocace (*S. paucispinis*)	122-478	50-250	B/P	Rochers présentant un relief élevé, blocs rocheux, vase	91	50+	I/I

Les données sur les plages de profondeurs auxquelles les sébastes sont capturés dans les pêches récréatives en C.-B. ne sont pas disponibles, car les profondeurs auxquelles les poissons sont capturés ne sont pas enregistrées durant les enquêtes par interrogation des pêcheurs. Pour éclairer les profondeurs possibles auxquelles les sébastes sont capturés, on peut utiliser des relevés indépendants de la pêche, qui utilisent l'équipement de pêche à la ligne et à l'hameçon servant à des fins récréatives (Richards and Cass 1985, Haggarty and King 2006a, b, Frid et al. 2016). Cependant, ces relevés ciblent certaines plages de profondeurs et pourraient ne pas couvrir les mêmes plages de profondeurs que celles qui sont utilisées pour la pêche récréative. L'engin de pêche utilisé lors du relevé pourrait également donner des résultats qui ne sont pas représentatifs des prises dans la pêche récréative à la ligne traînante ou tandis que l'on cible le flétan du Pacifique. La profondeur à laquelle des espèces de sébastes sont capturées durant les relevés par pêche à la ligne et à l'hameçon affiche cependant des différences en fonction des espèces. Les sébastes noirs, cuivrés, à bandes jaunes et vermillon sont habituellement capturés à des profondeurs supérieures à 30 m. La plus grande partie des sébastes à dos épineux et des sébastes-tigres étaient capturées à des profondeurs moyennes, entre 30 et 50 m, et la plupart des sébastes canaris, aux yeux jaunes et à queue jaune étaient capturés à des profondeurs inférieures à 50 m (figure 1).

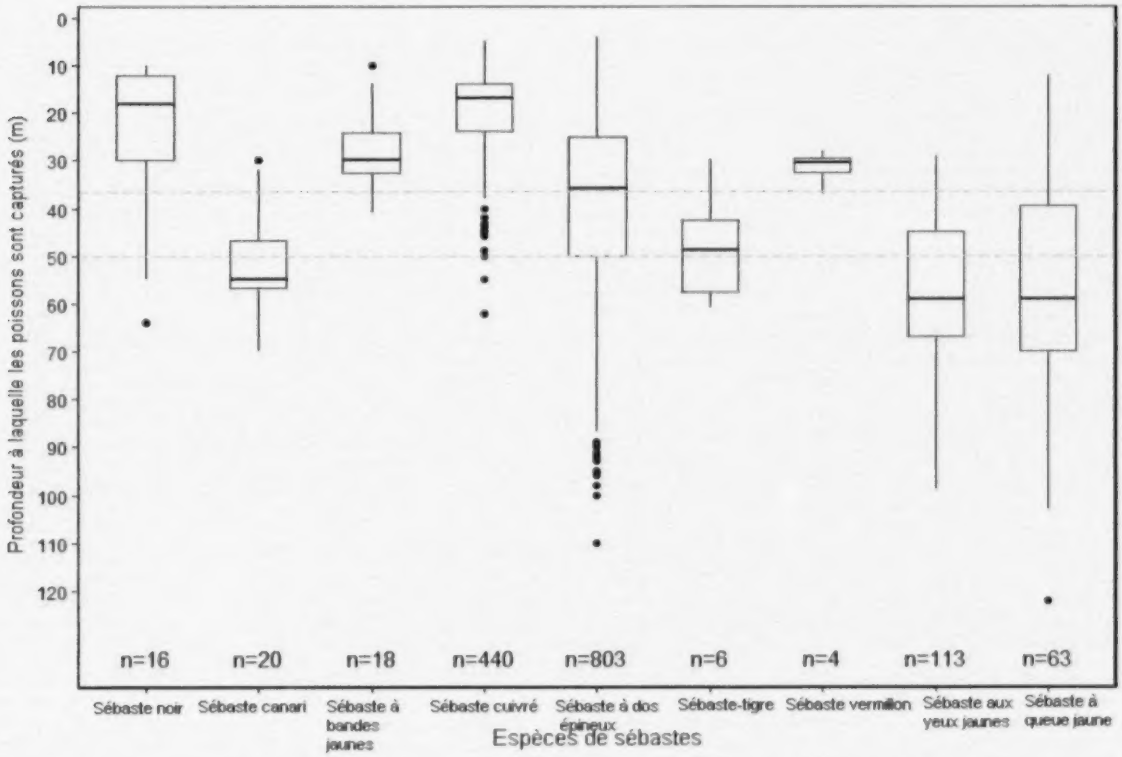

Figure 1. Diagramme de quartiles des profondeurs auxquelles des espèces de sébastes sont capturées lors du relevé de recherche indépendant de la pêche (données figurant dans GFBio et Frid et al. *2016). Les lignes tiretées montrent les profondeurs de 36 et 50 m. La ligne horizontale dans chaque boîte représente la profondeur médiane et les charnières des boîtes représentent les 25^{e} et 75^{e} percentiles. Les* ***whiskers*** *ou lignes verticales représentent 1,5 fois la plage entre les quartiles, tandis que les points sont des données aberrantes qui sont regroupées de façon individuelle.*

Les différences de température sont également corrélées avec la profondeur, et des changements de température entre la profondeur à laquelle les poissons sont capturés et la surface peuvent avoir une incidence sur la gravité des barotraumatismes chez les sébastes (Pribyl *et al.* 2011). Les poissons conservés à la surface ou sur le pont subissent un stress dû à la chaleur ou au froid, lequel peut être une cause très importante de mortalité (Parker et al. 2003). Les différences de température, ainsi que la durée de la manipulation, peuvent avoir une incidence significative sur la survie d'espèces de sébastes en Californie (Jarvis and Lowe 2008). Durant la plupart des études au cours desquelles on a examiné les effets particuliers des barotraumatismes, on a manipulé les poissons avec précaution et on les a conservés sur le pont durant le moins de temps possible. D'autres sources de variabilité comprennent les blessures dues aux hameçons et à la manipulation, ainsi que le stress associé à la capture. Cependant, durant toutes les études recensées, on prenait soin de réduire le plus possible et de contrôler ces effets physiologiques (c.-à-d. vulnérabilité face aux effets de la pression) et physiques (c.-à-d. effets liés à la capture en relation avec la profondeur, la température et la manipulation). La taille et le sexe des poissons pourraient également avoir une incidence sur la survie après la remise à l'eau. Des poissons de plus petite taille pourraient être plus vulnérables face aux barotraumatismes en raison de vaisseaux sanguins plus étroits qui sont plus sensibles

à la libération de grandes bulles de gaz (Jarvis and Lowe 2008), et pourraient également faire l'objet de taux de prédation plus élevés. Des différences entre les sexes pourraient également contribuer à la gravité des réponses des sébastes aux barotraumatismes. Toutefois, ce phénomène ne se produit vraisemblablement que lorsque des femelles gravides font l'objet d'une décompression forcée. Le volume des gonades ne semblait pas avoir un impact significatif sur le rétablissement du sébaste aux yeux jaunes, et on a pu recueillir des éléments probants concernant le succès de la reproduction chez des sébastes aux yeux jaunes femelles (Blain and Sutton 2016).

Effets physiques des barotraumatismes chez les sébastes et survie après la recompression

Lorsqu'un sébaste est ramené à la surface, les gaz contenus dans sa vessie gazeuse fermée se dilatent. Les sébastes rejetés affichent une flottabilité tellement positive qu'ils flottent à la surface, et succombent souvent à la prédation ou au stress thermique (Hannah et al. 2008a). La prédation est vraisemblablement la cause la plus immédiate et la plus évidente de mortalité postérieure à la remise à l'eau chez les sébastes souffrant de barotraumatismes. Cependant, il existe d'autres effets à court et à long terme des barotraumatismes. Tandis que les gaz qui se trouvent dans la vessie natatoire se dilatent, ils s'orientent habituellement vers l'avant dans le cas des sébastes, ce qui entraîne une moindre résistance chez les poissons (Hannah et al. 2008b). Les signes les plus visibles de barotraumatismes chez les sébastes comprennent le bombement des yeux, ou les « yeux protubérants » (exophtalmie) et la protubérance de l'œsophage (éversion de l'œsophage). On estime souvent que l'œsophage protubérant constitue la vessie natatoire. Toutefois, tandis que les gaz dilatés se déplacent vers l'avant, cela cause la sortie de l'œsophage et, parfois, de l'estomac (Hannah et al. 2008b). Le gaz qui s'échappe à l'extérieur d'une vessie natatoire dont la membrane a été rompue se déplace également vers l'avant et peut s'accumuler dans les orbites, ce qui mène à l'exophtalmie. Tandis que les yeux deviennent exorbités, le nerf optique s'étire. Les bulles de gaz peuvent également s'accumuler dans le globe oculaire ou dans la cornée ou, encore, dans les tissus conjonctifs de l'œil (Hannah et al. 2008b, Rogers et al. 2008). Les dommages visuels sublétaux dus aux barotraumatismes comprennent une altération de la vision, qui peut se traduire par une vulnérabilité accrue face à la prédation et à une capacité réduite de trouver de la nourriture. Ces deux déficiences comportementales ont des répercussions sur la survie à long terme des sébastes qui ont souffert de barotraumatismes. Bien que peu de recherches aient été menées sur l'acuité visuelle du sébaste à la suite d'une exophtalmie, une étude portant sur le sébaste rosacé (*S. rosaceus*) a montré qu'il y avait une amélioration de la fonction de l'œil après un mois, comparativement à quatre jours, après l'exophtalmie (Rogers et al. 2011). Des signes extérieurs moins évidents comprennent le rétrécissement de l'abdomen, le bombement des membranes (notamment la membrane branchiostège, qui se situe près de la gorge et de l'opercule) et, parfois, le prolapsus du cloaque (Jarvis and Lowe 2008) (tableau 2).

Parmi les dommages internes résultant des barotraumatismes qui ne sont pas évidents tant que les poissons ne sont pas disséqués et examinés, qui se situent parfois au niveau des tissus (histologie), figurent des hémorragies, des dommages causés aux organes et des déplacements de ceux-ci, des déchirures et des ruptures de la vessie natatoire, de l'emphysème et des embolies (tableau 2). Il est important de tenir compte des blessures internes, car elles peuvent être une cause de mortalité ou de problèmes de santé à long terme (Hannah et al. 2008b, Pribyl et al. 2011). Parmi les causes de mortalité figurent le saignement dans la cavité abdominale et des embolies gazeuses dans les vaisseaux, lesquelles interfèrent avec la fonction cardiovasculaire. Les dommages causés au foie et à d'autres organes internes, tels que révélés par les hémorragies, les déplacements ou torsions graves ou modérés des organes ainsi que les dommages causés aux reins, à la tête du rein ou

au cœur, peuvent tous conduire à des déficits à plus long terme au chapitre de la santé (Hannah et al. 2008b). Les déchirures ou les ruptures de la vessie natatoire, qu'il s'agisse d'une déchirure partielle de la membrane extérieure, d'une tunique externe ou d'une rupture complète des deux couches de la vessie, peuvent se traduire par des problèmes comportementaux, tandis que le poisson a de la difficulté à réguler sa flottabilité (Rankin et al. 2017). Cependant, Parker et ses collaborateurs (2006) ont trouvé que le sébaste noir avait une bonne capacité à guérir après une rupture de la vessie natatoire résultant d'une capture simulée. Une proportion de 77 % des vessies natatoires qui s'étaient rompues affichaient des signes de guérison au moins partielle et contenaient des gaz au moment où l'on a effectué la dissection, après 21 jours passés en laboratoire.

Tableau 2. Signes et symptômes de barotraumatismes observés chez les sébastes

Externes

Abréviation	Signe de barotraumatisme	Description
AR	Abdomen rétréci	Gonflement de l'abdomen, resserré au toucher ou distendu
BM	Bombement de la membrane	Renflement vers l'extérieur de la membrane branchiostège
EM	Emphysème de la membrane	Espaces d'air ou bulles visibles au sein de la membrane branchiostège ou de la membrane pharyngo-cléithrale
EX	Exophtalmie	Œil protubérant à l'extérieur de l'orbite
EO	Emphysème oculaire ou de la cornée	Présence de gaz dans l'œil ou dans les tissus conjonctifs entourant l'œil; également appelé emphysème cornéen
EE	Éversion de l'œsophage ou de l'estomac	Éversion du tissu de l'œsophage d'au moins un centimètre dans la cavité buccale
PC	Prolapsus du cloaque	Éversion de l'orifice anal

Internes

Abréviation	Signe de barotraumatisme	Description
DVN	Déchirure de la vessie natatoire	La vessie natatoire peut être partiellement rompue (rupture de la tunique externe) ou complètement rompue, ce qui se manifeste par une déchirure visible des deux couches de la vessie. Une déchirure totale est également manifestée par l'absence de gaz dans la vessie natatoire ou par un collapsus lorsqu'on exerce une légère pression des doigts.
DTO	Déplacement ou torsion d'organes	Le foie, l'estomac, les intestins et d'autres organes abdominaux sont poussés vers le pharynx ou font irruption dans celui-ci.
HI	Hémorragie interne	Dans la documentation scientifique, il est fait référence aux hémorragies comme hémorragies non précisées ou comme hémorragies dans le foie, le péricarde ou la vessie natatoire ou comme la présence de sang dans la cavité péritonéale. Tous ces signes sont énumérés ici, en utilisant la proportion la plus élevée par espèce et en étudiant les hémorragies internes à des fins de comparaison.

Abréviation	Signe de barotraumatisme	Description
EI	Embolie interne	Toutes les embolies ou les emphysèmes internes qui sont manifestes durant la dissection ou les études histologiques, y compris les ventricules cardiaques, le *rete mirabile*, la tête de rein ou, encore, les embolies artérielles tous ces signes sont énumérés ici, en utilisant la proportion la plus élevée au chapitre de l'EI à des fins de comparaison
HP	Hémorragie du péricarde	Présence de sang dans le péricarde
HF	Hémorragie du foie	Présence de sang dans le foie ou déchirure du foie
SCP	Présence de sang dans la cavité péritonéale	Une certaine quantité de sang ou une quantité de sang très élevée sont remarquées dans la cavité péritonéale
EVC	Emphysème d'un ventricule cardiaque	Preuves histologiques de la présence de bulles de gaz qui sont visibles dans le ventricule cardiaque
ERM	Embolie dans le *rete mirabile*	Preuves histologiques de la présence d'une embolie
ETR	Embolie dans la tête de rein	Preuves histologiques de la présence d'une embolie dans les vaisseaux de la tête du rein
EA	Embolie artérielle	Présence d'embolies gazeuses dans la cavité péricardique et dans la vessie natatoire

Les signes de barotraumatismes et les taux de survie chez les sébastes des zones côtières et chez certaines espèces de sébastes du plateau continental sont résumés ci-après, dans la section de la synthèse concernant les espèces, et sont présentés de façon plus détaillée dans le document de recherche. Les taux de survie sont habituellement mesurés durant une brève période de temps (24 à 48 heures), et ont été mesurés en conservant des poissons qui sont redescendus dans des cages (Jarvis et Lowe 2007; Hannah *et al.* 2008, 2012, 2014) ou qui sont étudiés en laboratoire (Pribyl *et al.* 2012; Rankin *et al.* 2017), mais on peut couvrir des périodes plus longues si l'on utilise des techniques de marquage-recapture (Hochhalter and Reed 2011) ou de télémétrie (Wegner et al. 2016). Comme pour les symptômes des barotraumatismes, les taux de survie se sont révélés inversement proportionnels à la profondeur. Hannah et ses collaborateurs (2012) ont mesuré la survie chez des poissons conservés dans des cages 48 heures plus tard et ont montré que les sébastes canari, les sébastes à dos épineux, les sébastes aux yeux jaunes, les sébastes cuivrés et les sébastes à bandes jaunes affichaient des taux de survie de 100 % lorsqu'ils étaient capturés à des profondeurs s'échelonnant entre 9 et 64 m. Les sébastes noirs et bleus démontraient une relation inverse entre la profondeur à laquelle ils étaient capturés et la survie globale, avec des taux de 90 et de 78 %, respectivement. Hannah et ses collaborateurs (2014), ont comparé les taux de survie chez des sébastes canaris et des sébastes aux yeux jaunes qui avaient été capturés à des profondeurs plus importantes (entre 46 et 174 m), et ont trouvé que le taux de survie du sébaste aux yeux jaunes à toutes les profondeurs s'établissait à 95 %, bien que de légers déclins du taux de survie étaient observables avec la profondeur. La survie du sébaste canari a décliné pour s'établir à seulement 20 % lorsque la profondeur à laquelle les poissons étaient capturés était supérieure à 135 m. Les poissons des deux espèces qui sont morts ont présenté des accumulations de sang sous la membrane pharyngo-cléithrale, dans la cavité abdominale ou dans la cavité péricardique. Une autre étude a permis de trouver un taux de survie après 48 heures semblable (89 %) pour le sébaste aux yeux jaunes (Rankin et al. 2017).

Une étude de marquage-recapture qui a été lancée en Alaska pour que l'on puisse établir le taux de survie de sébastes aux yeux jaunes capturés à des profondeurs allant de 19 à 74 et remis à l'eau au moyen d'un dispositif de remise à l'eau dans les profondeurs a permis d'estimer que la survie des poissons recomprimés affichait une probabilité de 0,988, avec un intervalle de confiance de 95 % (0,478 à 0,999) (Blain et Sutton 2016). Certains de ces poissons marqués ont été de nouveau capturés un et deux ans après, et les résultats indiquent

que la reproduction n'avait pas été compromise. Des sébastes aux yeux jaunes femelles recapturées demeuraient viables sur le plan de la reproduction, même après deux épisodes de recompression. Dans une autre étude, on a montré que des sébastes de l'espèce *S. levis*, des sébastes bocaces et des sébastes de l'espèce *S. rufus* ramenés à des profondeurs se situant entre 91 et 183 m grâce à l'utilisation de dispositifs de recompression et faisant l'objet d'un suivi au moyen d'un réseau acoustique (Wegner et al. 2016) affichaient, selon les observations, un taux de survie de 72 % pour toutes les espèces combinées et sur plus de 10 ans, et aucune mortalité pendant les quatre premiers mois de la surveillance, bien que certains poissons soient sortis du dispositif de détection. Les sébastes bocaces, la seule espèce visée par cette étude que l'on trouve en C.-B., affichaient un taux de survie de 92 % sur une période de trois ans (en ne tenant pas compte des poissons qui sont sortis du dispositif).

Effets sublétaux et déficiences comportementales

Comme les estimations de la survie à long terme des sébastes qui ont fait l'objet d'une recompression sont limitées, des chercheurs ont également évalué le comportement des poissons après une remise à l'eau suivant la recompression. Hannah et Matteson (2007) ont examiné le comportement de neuf espèces après recompression et remise à l'eau en utilisant des caméras vidéo fixées aux cages utilisées pour la remise à l'eau. Une cote comportementale composite a été élaborée d'après la capacité des poissons à s'orienter verticalement au sein de la cage et au moment d'en sortir et d'après la capacité des poissons à nager, ainsi que d'après le laps de temps écoulé avant que les poissons affichent ces comportements. Les sébastes qui présentaient des déficiences comportementales avaient des difficultés à maintenir leur orientation verticale et étaient lents à sortir des cages utilisées pour la remise à l'eau. Les effets de la profondeur sur la déficience comportementale étaient propres aux espèces, les cotes du comportement les plus faibles étant attribuées aux sébastes noirs, aux sébastes bleus et aux sébastes aux yeux jaunes à des profondeurs accrues. Parmi les espèces ayant fait l'objet de l'étude, le sébaste bleu qui avait été capturé à des profondeurs s'échelonnant entre 40 et 99 m affichait les plus graves déficiences comportementales (Hannah and Matteson 2007).

Rankin et ses collaborateurs (2017) ont examiné les déficiences comportementales présentées par le sébaste aux yeux jaunes durant la recompression et après la recompression. Ils ont trouvé que, durant la descente de recompression, les poissons affichant une flottabilité positive étaient désorientés et se tenaient à l'envers ou gisaient sur le flanc dans les cages. Lorsqu'ils atteignaient le fond, ces poissons, qui avaient été capturés dans des eaux peu profondes (entre 54 et 89 m), étaient immédiatement dressés vers le haut. Par comparaison, la moitié des poissons capturés à des profondeurs importantes (entre 122 et 199 m) continuaient à gésir sur le flanc durant environ une heure. Lorsque la cage s'ouvrait, les poissons qui avaient été capturés dans des eaux peu profondes affichaient un comportement « dépendant de la vision » (en vertu duquel les poissons évitent un obstacle opaque dans la cage), tandis que la plupart (75 %) des sébastes capturés à des profondeurs importantes n'évitaient pas l'obstacle, affichant ainsi un comportement « dépendant de la vision » déficient. La cause de la déficience visuelle chez le sébaste aux yeux jaunes est attribuée à la présence d'un emphysème oculaire, qui peut prendre jusqu'à 48 heures dans les profondeurs pour se résorber (Hannah et al. 2012, Rankin et al. 2017).

Rankin et ses collaborateurs (2017) ont également observé la capacité de sébastes aux yeux jaunes ayant été recomprimés de maintenir une flottabilité neutre et une orientation vers le haut au moment de la nage. Bien que tous les poissons étaient en mesure de se dresser vers le haut, aucun d'entre eux ne pouvait maintenir une flottabilité neutre. Les conséquences d'une flottabilité négative comprennent des coûts énergétiques, des difficultés à se procurer des proies et à interagir avec des congénères, des risques de prédation accrus résultant de profils

natatoires laborieux ou atypiques, ainsi que des problèmes généraux à se déplacer (Rankin et al. 2017). À la fin des expériences (au bout de 15 ou 30 jours), on a sacrifié les poissons et consigné les signes internes de barotraumatismes, y compris les saignements internes graves et les hémorragies généralisées dans les vessies natatoires. Bien que la plupart des vessies natatoires étaient partiellement intactes, l'une d'elles présentait une rupture complète et les autres demeuraient endommagées. Les auteurs de l'étude ont observé la présence de gaz entre la vessie natatoire et la paroi corporelle et au sein de la tunique, des inflammations, des ruptures des tuniques externes, la présence d'un liquide brun dans la vessie natatoire et un *rete* tuméfié et décoloré. Les résultats présentés par Rankin et ses collaborateurs (2017) révèlent la présence de blessures graves et durables ainsi que des compromis comportementaux chez des sébastes aux yeux jaunes recomprimés après avoir été capturés dans les profondeurs. Des sébastes noirs conservés en laboratoire ont présenté un rétablissement de la vessie natatoire à un taux de 77 % sur 21 jours (Parker et al. 2006) et de 50 à 80 % sur 31 jours (Pribyl et al. 2012), ce qui indique que, bien que la réparation de la vessie natatoire soit possible, le rétablissement d'une certaine proportion des poissons demandera davantage de temps. Pribyl et ses collaborateurs (2012) ont également remarqué que le rétablissement de la vessie natatoire dans des conditions expérimentales pourrait ne pas être représentatif de celui qui est observé dans la nature, car la nourriture est disponible et les prédateurs sont absents. On ne sait pas comment ces blessures auront une incidence sur la survie dans la nature.

Synthèse des résultats par espèce en C.-B.

Sébaste à queue jaune

Le sébaste à queue jaune semble être l'espèce qui est la moins touchée par les effets des barotraumatismes en raison de sa capacité à expulser des gaz à partir de sa membrane pharyngo-cléithrale (Hannah et al. 2008b, Pribyl et al. 2009). Ce phénomène permet de réduire les signes de barotraumatismes. Le sébaste aux yeux jaunes est un poisson pélagique qui se rassemble en bancs, qui entreprend naturellement de grandes migrations verticales et qui semble être mieux adapté que d'autres espèces aux variabilités de la pression.

Sébaste bocace

On a également observé des sébastes bocaces effectuer de grands changements dans leurs déplacements verticaux. Ces poissons semblent aussi survivre après la recompression bien après les épisodes de barotraumatisme, avec un taux de survie de 92 % sur une période de trois ans (Jarvis and Lowe 2008, Wegner et al. 2016).

Sébaste à dos épineux

Le sébaste à dos épineux est une espèce démersale à corps épais qui n'est pas connue pour effectuer de grandes migrations verticales ou horizontales (Hannah and Rankin 2011). En conséquence, il est surprenant que ce poisson semble présenter un plus faible nombre de signes externes de barotraumatismes et survivre après la recompression. Comme pour le sébaste à queue jaune, on a observé des sébastes à dos épineux en train d'expulser des gaz à partir de leurs membranes branchiostèges, ce qui réduit la pression qui s'exerce sur l'œsophage et entraîne une incidence plus faible d'éversion de l'œsophage (Hannah et al. 2008b). Le taux de survie à court terme (48 heures) était élevé (Hannah et al. 2012). On n'a pas mené d'études sur la survie à long terme, le comportement et les effets sublétaux des barotraumatismes chez le sébaste à dos épineux.

Sébaste cuivré et sébaste brun

Comme ils sont étroitement apparentés au sébaste à dos épineux, nous pourrions nous attendre à des effets des barotraumatismes et à un taux de survie semblables chez le sébaste

cuivré et le sébaste brun, qui n'ont pas fait l'objet d'études aussi détaillées. La survie après 48 heures était élevée, affichant une proportion de 100 %, bien que les échantillons étaient de faible taille (Hannah et al. 2012).

Sébaste noir

Le sébaste noir est une espèce pélagique qui a fait l'objet d'études à vaste échelle. Malgré de hauts taux de signes de barotraumatismes externes et internes, le taux de survie à court terme (après 48 heures) était élevé (90 %) (Hannah et al. 2012), et le taux de survie à plus long terme (21 jours) en laboratoire s'établissait à 97 % (Parker et al. 2006). La survie a été reliée à la profondeur à laquelle les poissons avaient été capturés (Hannah et al. 2012).

Sébaste bleu et *Sebastes diaconus*

Le sébaste bleu occupe une niche semblable à celle occupée par le sébaste noir, qui lui est étroitement apparenté. Le taux de survie de cette espèce était inférieur à celui enregistré chez le sébaste noir au cours d'une expérience de deux jours, et a été relié aux profondeurs auxquelles les poissons avaient été capturés (Hannah et al. 2012). L'ensemble du travail effectué sur le sébaste bleu et sur les barotraumatismes et la recompression a été axé sur *S. mystinus*. Au cours d'une étude récente, on a montré que le sébaste bleu, en C.-B., forme vraisemblablement une espèce distincte, *S. diaconus* (Frable et al. 2015). Une recherche non publiée sur *S. diaconus* menée en Orégon a montré que ces poissons, lorsqu'ils sont capturés à des profondeurs supérieures à 27 m, ramenés vers les profondeurs et maintenus durant 24 heures, affichaient un taux de survie de 100 %, mais que celui-ci chutait à 78 et 71 % lorsque les poissons avaient été capturés à des profondeurs s'échelonnant entre 28 et 36 m et entre 37 et 45 m, respectivement. Les taux de survie de spécimens de *S. diaconus* capturés à des profondeurs s'échelonnant entre 46 et 54 m a chuté pour s'établir à une valeur aussi faible que 25 %, ce qui indique que ces poissons, lorsqu'ils sont capturés à de grandes profondeurs, sont assez fragiles (comm. pers., Polly Rankin, Oregon Department of Fish and Wildlife, Newport, Orégon).

Sébaste à bandes jaunes et sébaste-tigre

Peu de recherches ont été menées chez le sébaste à bandes jaunes et chez le sébaste-tigre, mais on a obtenu un taux de survie après 48 heures de 100 % chez un petit échantillon de sébastes à bandes jaunes (trois spécimens) (Hannah et al. 2012). Les examens physiologiques de sébastes à bandes jaunes ont fait ressortir une capacité bien plus lente à réabsorber les gaz que chez le sébaste noir, ce qui concorde avec le mode de vie benthique, sédentaire de cette espèce (Parker et al. 2006). Le sébaste-tigre, qui affiche également un mode de vie benthique, sédentaire, mais que l'on trouve habituellement à des profondeurs plus importantes que le sébaste à bandes jaunes, pourrait présenter de faibles taux de survie. Le sébaste-tigre a présenté des taux élevés de signes de barotraumatismes externes(Hannah and Matteson 2007), mais la survie de cette espèce n'a pas fait l'objet d'études.

Sébaste aux yeux jaunes

Les barotraumatismes et la recompression chez le sébaste aux yeux jaunes ont fait l'objet d'études à vaste échelle (Hannah and Matteson 2007, Hannah et al. 2008a, Hochhalter and Reed 2011, Hannah et al. 2012, Hochhalter 2012, Hannah et al. 2014, Blain and Sutton 2016, Rankin et al. 2017). Les taux de survie à court terme (après 48 heures) du sébaste aux yeux jaunes ont tous affiché des valeurs très élevées (90 à 100 %), avec une tendance à la diminution du taux de survie avec l'augmentation de la profondeur à laquelle les poissons avaient été capturés. Une expérience de marquage-recapture à long terme menée sur des poissons qui avaient été remis à l'eau dans les profondeurs a révélé que la probabilité de survie de ceux-ci était élevée, s'établissant à 0,98 sur 17 jours, mais ces résultats s'accompagnaient

de vastes intervalles de confiance (0,48 – 0,99). La profondeur à laquelle les poissons étaient capturés dans le cadre de cette étude était également relativement faible, se situant entre 19 et 74 m. Cependant, la plupart des poissons avaient été capturés à des profondeurs supérieures à 55 m (figure 1, dans Hochhalter et Reed 2011). Autre résultat intéressant de cette étude, les poissons dont la longueur était inférieure à 40 cm n'ont pas été recapturés. Cela suscite des questions quant à l'augmentation de la mortalité due aux barotraumatismes ou au risque accru de prédation auquel font face les sébastes de plus petite taille de la part de la morue-lingue (Beaudreau and Essington 2007) ou d'autres prédateurs. Les sébastes aux yeux jaunes se tiennent à des profondeurs supérieures à celles auxquelles on peut observer d'autres espèces de sébastes de zones côtières (tableau 2). La profondeur à laquelle les poissons sont capturés suscite donc des préoccupations. Bien que le taux de survie à court terme (après 48 heures) chez des sébastes aux yeux jaunes capturés à des profondeurs s'échelonnant entre 135 et 174 m était encore relativement élevé (90 %) (Hannah et al. 2014), on ne peut pas ignorer les travaux effectués par Rankin et ses collaborateurs (2017), qui font état de dommages internes généralisés chez les poissons capturés à des profondeurs oscillant entre 140 et 150 m. Les auteurs concluent que « les résultats de ces deux études, qui révèlent l'existence de blessures graves et durables, ainsi que de compromis comportementaux, chez les sébastes aux yeux jaunes recomprimés dans les profondeurs, renforcent l'importance qu'il y a à éviter l'interaction entre la pêche et les sébastes aux yeux jaunes qui fréquentent les eaux profondes et à maintenir la fermeture de la pêche dans les aires de conservation du sébaste qui sont gérées au point de vue spatial. »

Sébaste canari

Le sébaste canari a également fait l'objet d'études à vaste échelle (Hannah and Matteson 2007, Hannah et al. 2008a, Hannah et al. 2008b, Pribyl et al. 2011, Hannah et al. 2012, 2014). Bien que les individus de cette espèce affichent un taux de survie après 48 heures élevé dans des eaux peu profondes (Hannah et al. 2012), le taux de survie diminue grandement lorsque la profondeur à laquelle les poissons sont capturés est inférieure à 75 m et était aussi peu élevé que 20 % lorsque cette profondeur se situe entre 135 et 174 m (Hannah et al. 2014). Hannah et ses collaborateurs (2014) concluent qu'il pourrait y avoir une profondeur critique à laquelle certaines espèces de sébastes sont capturées à partir de laquelle la survie après la recompression diminue rapidement, comme c'est le cas pour le sébaste canari.

Atténuation du barotraumatisme

Diverses méthodes ont été élaborées pour atténuer les effets des barotraumatismes chez les sébastes. L'une de ces méthodes consiste à « purger » les poissons en insérant une aiguille hypodermique directement dans la vessie natatoire pour expulser les gaz emprisonnés (Theberge and Parker 2006). Cette méthode dépend fortement des compétences et de l'expérience de la personne qui purge les poissons, car une maladresse peut causer des dommages généralisés chez ces derniers. Compte tenu des blessures et des infections qui se manifestent dans la cavité corporelle des poissons et qui peuvent être causés par l'expulsion des gaz ou par le « **fizzing** » des sébastes, les États de Washington, de la Californie et de l'Alaska ont tous recommandé que les pêcheurs à la ligne ne purgent pas les poissons (p. ex., Washington Department of Fish and Wildlife). La personne qui purge un sébaste peut être confrontée à un risque de blessure à cause des grandes épines venimeuses que présentent certaines espèces de sébastes (Theberge and Parker 2006).

Une autre méthode possible pour atténuer les effets des barotraumatismes chez les sébastes consiste à utiliser des dispositifs de recompression pour forcer le retour des poissons touchés vers les profondeurs. On a conçu différents dispositifs pour effectuer la recompression d'une vaste diversité de poissons. Les dispositifs de descente des poissons qui sont disponibles dans

le commerce vont de dispositifs mécaniques simples qui s'agrafent à une ligne ou à une canne à pêche à des dispositifs techniquement plus complexes de remise à l'eau à certaines profondeurs (pressions) dans une caisse à homards pondérée fixée à une ligne (Theberge and Parker 2006, Chen 2012, Hudson 2015). Certains dispositifs exigent que l'on acquière de l'expérience pour leur utilisation efficace. Par exemple, il y a un risque de causer d'autres blessures aux poissons si l'on utilise des hameçons ou des caisses à homards pour les redescendre et, dans des conditions de courant fort, les caisses à homards peuvent dériver, ce qui réduit notre certitude à propos de la profondeur à laquelle les poissons sont relâchés (California Sea Grant 2008). On ne sait pas avec quelle efficacité les pêcheurs récréatifs utilisent des dispositifs de descente (Chen 2012). Dans une étude récente, on a montré que des pêcheurs récréatifs préféraient utiliser une pince fixée à la mâchoire inférieure et comportant un dispositif de remise à l'eau avec capteur de pression, la caisse à homards pondérée étant la deuxième méthode de prédilection. Ces deux méthodes affichent également la plus forte proportion de succès de la descente, tandis que d'autres dispositifs ne permettent pas de relâcher les poissons en profondeur (Lyall Bellquist, Western Groundfish Conference, Seaside, Californie, 13 au 16 février 2018). Les dispositifs de remise à l'eau avec capteur de pression exigent un entretien et un réétalonnage réguliers si l'on veut qu'ils fonctionnent adéquatement (John harms, Western Groundfish Conference, Seaside, Californie, 13 au 16 février 2018). La profondeur idéale à laquelle un poisson doit être ramené est également inconnue. Certains organismes recommandent que les poissons soient relâchés à au moins la moitié de la profondeur à laquelle ils avaient été capturés, ou à une profondeur de 60 pieds (18 m) ou, encore, à la profondeur à laquelle ils avaient été capturés.

Lorsqu'on considère l'utilisation de dispositifs de recompression par les pêcheurs à la ligne récréatifs, on doit tenir compte d'autres facteurs qui sont susceptibles d'influer sur le succès des dispositifs, comme la manière dont les sébastes ont été initialement capturés. Par exemple, l'endroit où s'est fixé l'hameçon sur un poisson capturé aurait, selon les études, un impact statistiquement significatif sur la survie – qu'un dispositif de recompression ait été utilisé ou non (Roach et al. 2011). Les hameçons peuvent causer différents types de blessures aux poissons selon l'endroit de l'anatomie de ces derniers où ils se sont fixés – par exemple, la mortalité après la capture était supérieure si les poissons avaient ingéré l'hameçon, par comparaison avec la mortalité enregistrée lorsque les poissons avaient été ferrés par la lèvre ou par la bouche.

On a trouvé que le temps passé par le poisson à la surface était la variable explicative la plus significative de la survie à court terme de sébastes qui avaient fait l'objet d'une recompression (Jarvis and Lowe 2008). Parker et ses collaborateurs (2006) recommandent qu'on effectue la recompression rapidement, car ils estiment que, si l'on réduit le plus possible le temps passé à la surface et la manipulation à la surface, on réduira les impacts du stress physiologique chez les poissons. Le stress qui est causé par l'ascension forcée et par la manipulation peut causer une augmentation d'acide lactique et de CO_2 dans les tissus, ce qui abaisse le pH et la solubilité des gaz du sang et peut éventuellement se traduire par des embolies. La diminution du temps passé à la surface permettra également de réduire les impacts négatifs d'une faible pression, le stress thermique et l'asphyxie, et d'améliorer la survie après la recompression. Les chercheurs étudient les mécanismes de contrôle des barotraumatismes associés au temps passé à la surface. Toutefois, le temps que demande la recompression des sébastes par les pêcheurs récréatifs est inconnu et dépend vraisemblablement du dispositif utilisé et de l'expérience du pêcheur. Les États de Washington, de l'Orégon, de Californie et de l'Alaska ont tous élaboré du matériel de sensibilisation énonçant des pratiques exemplaires concernant la manière dont les pêcheurs devraient effectuer la recompression des sébastes.

Utilisation de dispositifs de descente dans la gestion de la pêche récréative aux sébastes aux États-Unis

Pacific Fishery Management Council (PFMC)

Le PFMC a établi des taux de mortalité de poissons rejetés et remis à l'eau à la surface ainsi que des taux de mortalité de poissons relâchés en profondeur grâce à un dispositif de descente (Pacific Fishery Management Council 2012). Des taux de mortalité ont été établis pour les sébastes canaris et les sébastes aux yeux jaunes, lesquels rendent compte de la variation entre les espèces et des différences dans la taille des échantillons (Pacific Fishery Management Council 2012). Le PFMC a adopté des mécanismes tampons pour rendre compte de l'incertitude reposant sur la borne supérieure de l'intervalle de confiance de 90 % pour la mortalité à court terme qui a été utilisée pour gérer la ressource en 2014 (Benaka et al. 2014). Les espèces indicatrices utilisées étaient les suivantes : à une profondeur s'échelonnant entre 19 et 55 m : sébaste canari, sébaste aux yeux jaunes, sébaste cuivré et sébaste à dos épineux; à une profondeur s'échelonnant entre 56 et 91 m : sébaste aux yeux jaunes; à une profondeur supérieure à 91 m : *S. levis*, sébaste bocace, *S. rufus* et *S. crocotulus*. Les taux de mortalité, avec des intervalles de confiance de 90 %, pour les sébastes aux yeux jaunes capturés à une profondeur supérieure à 30 m, entre 30 et 50 m et inférieure à 50 m s'établissaient à 21, 37 et 45 %, respectivement, et ils s'établissaient à 21, 27 et 45 %, respectivement, pour le sébaste canari. Ces estimations de la mortalité ont été réalisées avant la publication des deux études importantes mentionnées ci-devant, lesquelles montraient que la mortalité chez le sébaste canari déclinait pour s'établir à 80 % en deçà de 135 m (Hannah et al. 2014), et que les effets sublétaux et comportementaux des barotraumatismes chez le sébaste aux yeux jaunes qui fréquente les eaux profondes pourraient avoir un impact sur la survie à long terme (Rankin et al. 2017). En outre, on a obtenu ces taux de mortalité en posant comme hypothèse que les espèces indicatrices utilisées pour augmenter la taille des échantillons à chaque plage de profondeurs sont appropriées, présentent des caractéristiques semblables de leur cycle vital et réagissent de façon similaire à une dépressurisation rapide. Cette hypothèse est en harmonie avec la plus grande partie des éléments probants présentés durant le présent examen de la documentation scientifique, qui attestent d'une haute variabilité parmi les espèces, notamment celles qui appartiennent à des guildes différentes, comme les sébastes aux yeux jaunes démersaux et les sébastes bocace davantage pélagiques (Love et al. 2002).

Californie

Dans sa gestion des pêches récréatives, le California Department of Fish and Wildlife (CDFW) utilise les estimations de la mortalité qui sont adoptées par le PFMC ainsi que des taux de mortalité stratifiés en fonction de la profondeur pour les sébastes qui sont relâchés à la surface (Pacific Fishery Management Council 2013). L'application de ces estimations de la mortalité dans le cadre d'une mesure de gestion exige que l'on dispose de l'information suivante : l'élimination des poissons rejetés (que les poissons aient été rejetés à la surface ou à l'aide d'un dispositif de descente); l'espèce (les taux de mortalité associés à l'utilisation d'un dispositif de descente sont propres aux différentes espèces); la profondeur à laquelle les poissons avaient été capturés pour assigner des captures à une plage de profondeurs. En outre, les données ont été stratifiées par mois, par district (six districts affichant différents taux d'élimination), par profondeur (plages de profondeurs de dix brasses) et par mode de pêche (navires de pêche commerciale avec passagers [bateaux d'agrément] ou embarcations privées ou de location). Les personnes chargées du sondage sur les pêches récréatives de la Californie (CRFS) collectent de l'information à propos de la pêche récréative par l'entremise d'enquêtes par interrogation des pêcheurs, saisissent les données obtenues dans une base de données et appliquent des méthodes d'estimation. Pour rendre compte de l'utilisation de dispositifs de descente, les personnes chargées du sondage ont été formées à la collecte d'information

supplémentaire, y compris l'utilisation des dispositifs de descente et la profondeur à laquelle les poissons ont été pêchés. La base de données a été mise à jour avec des champs et des codes supplémentaires pour que l'on puisse rendre compte des poissons éliminés. Enfin, le programme d'estimation a été mis à jour de façon à ce que l'on puisse exécuter les algorithmes et, ainsi, tenir compte de l'utilisation de dispositifs de descente. Le CDFW a également utilisé des données recueillies dans le cadre d'enquêtes par interrogation des pêcheurs portant sur l'utilisation de dispositifs de descente pour orienter la sensibilisation dans les zones faiblement utilisées et a collaboré avec des clubs de pêche pour inciter les pêcheurs à soutenir l'utilisation de dispositifs de descente. À l'heure actuelle, l'utilisation de dispositifs de descente demeure de nature volontaire (Burdock 2016).

Orégon

L'utilisation de dispositifs de descente a récemment été rendue obligatoire en Orégon. Le règlement énonce ce qui suit :

« Tout navire pêchant du poisson de fond ou ayant à son bord de tels poissons, y compris des espèces de poissons plats ou des flétans du Pacifique, doit disposer à son bord d'un dispositif de descente en bon état et l'utiliser lorsqu'il remet à l'eau des sébastes à une profondeur supérieure à 30 brasses (55 m). Un dispositif de descente en bon état est un dispositif qui est prêt à être utilisé ».

On a utilisé les taux de mortalité du sébaste aux yeux jaunes par plage de profondeurs pour les poissons relâchés à la surface ou grâce à l'utilisation d'un dispositif de descente établis par le PFMC. Les avis reçus par les pêcheurs à la ligne en 2016 énonçaient qu'il était préférable de rendre obligatoire l'utilisation de dispositifs de descente plutôt que d'écourter la saison de pêche (Oregon Department of Fish and Wildlife 2016).

État de Washington

À la suite de l'inscription du sébaste aux yeux jaunes et du sébaste bocace en vertu de la *Endangered Species Act* en 2010, le Washington Department of Fish and Wildlife (WDFW) a accéléré la planification du rétablissement des espèces qui était déjà en progrès, fermé bon nombre de pêches commerciales, interdit la conservation, par les pêcheurs récréatifs, de toutes les espèces de sébastes, interdit la pêche au poisson de fond dans des eaux affichant une profondeur supérieure à 36,6 m (120 pieds) dans Puget Sound et fait la promotion de la descente des sébastes. Bien que la conservation des sébastes soit illégale, on observe encore des taux de mortalité attribuables aux prises accessoires, et celles-ci sont gérées par l'entremise de l'établissement d'une cible annuelle de 5 000 livres (2 268 kg) pour toutes les pêches. Les entrevues téléphoniques et menées à quai des pêcheurs ont permis de collecter de l'information sur les prises et les prises accessoires par espèces, sur les zones de gestion et sur les poissons ciblés (saumon, poissons de fond, flétan et autres). La composition des prises et des prises accessoires échantillonnées est appliquée à l'effort de pêche estimé grâce au recours à des sondages téléphoniques pour que l'on puisse produire des estimations des captures effectuées en raison de l'interaction avec la pêche (Lowry 2016). En 2013, on a ajouté à l'entrevue menée auprès des pêcheurs à la ligne une question portant sur la remise à l'eau des sébastes et, en 2014, on a ajouté de nouveau une question, laquelle portait sur l'utilisation de dispositifs de descente (Wargo 2016). Pour estimer le taux de mortalité chez les sébastes remis à l'eau, le WDFW utilise des données sur la proportion de chaque espèce se trouvant dans des eaux affichant une profondeur inférieure à 36,6 m selon des relevés indépendants de la pêche (véhicules sous-marins téléguidés, relevés au chalut, caméra lestée, relevés par plongée). Le WDFW a également appliqué les taux de mortalité estimés par le PFMC pour les espèces capturées dans des eaux d'une profondeur inférieure à 36,6 m et remises à l'eau à la surface. On présume que les poissons capturés à des profondeurs supérieures à 36,6 m

affichent un taux de mortalité de 100 %. Le WDFW a également réalisé des activités de sensibilisation et d'éducation à l'intention des pêcheurs à la ligne récréatifs pour leur faire connaître le barotraumatisme et ses impacts, décrire les avantages qu'il y a à faire redescendre les sébastes vers les profondeurs et présenter les meilleures techniques et outils utilisables pour faire redescendre les poissons. Le matériel utilisé durant ces activités et l'information donnée portaient sur l'identification des espèces de sébastes et renfermait de l'information sur le « renvoi de ce poisson vers le fond » publiée sur le Web, sur des affiches et sur des dépliants (WDFW 2013, Wargo 2016). Malgré un effort de sensibilisation considérable, l'utilisation globale de dispositifs de descente est faible et, selon les estimations, se situe entre 5 et 7 %, selon la zone et selon l'espèce (Lowry 2016, Wargo 2016). En réponse aux éléments probants selon lesquels l'utilisation volontaire de dispositifs de descente était trop faible pour rendre efficaces les efforts de conservation, la possession d'un dispositif de descente en bon état par tous les pêcheurs à la ligne récréatifs ciblant des poissons de fond a été rendue obligatoire dans l'État de Washington en 2017. Grâce à l'utilisation obligatoire de ces dispositifs et aux efforts de sensibilisation consentis par le WDFW, l'utilisation déclarée de tels dispositifs a grimpé pour s'établir à 20 % en 2017 (Davy Lowry, Washington Department of Fish and Wildlife, Olympia, Washington, comm. pers.).

Alaska

De l'information sur l'utilisation adéquate de différents types de dispositifs de descente est disponible sur le site Web de l'Alaska Department of Fish and Game (ADFG). Cependant, l'utilisation de dispositifs de descente est volontaire, et l'on dissuade les pêcheurs à pratiquer la capture avec remise à l'eau des sébastes. L'ADFG a mené des recherches pour mesurer l'efficacité de dispositifs qui pourraient permettre de relâcher des sébastes dans les profondeurs. Le ministère considère que le premier des outils de conservation des sébastes est la prévention. Il recommande d'éviter de capturer des sébastes non ciblés lorsqu'on pêche des flétans et des morues-lingues en conservant les leurres et les appâts entre 3 et 4,5 m (10 à 15 pi) à partir du fond et d'éviter les habitats du sébaste, lesquels sont composés de blocs rocheux, de crêtes et de pinacles coralliens. De façon semblable à la démarche qui a été recommandée en C.-B., l'ADFG recommande que l'on se déplace vers un autre lieu de pêche lorsqu'on commence à capturer des sébastes de façon fortuite. Une autre recommandation, si l'on veut prévenir les captures de sébastes, consiste à cibler d'abord d'autres espèces, de façon à éviter une récolte excessive de sébastes, et d'utiliser un attirail de pêche facilitant la remise à l'eau comme des hameçons circulaires. Le deuxième outil de conservation énuméré est l'utilisation de dispositifs de descente. On incite les pêcheurs à la ligne, lorsqu'ils utilisent des dispositifs de descente, à renvoyer les poissons aussi rapidement que possible à la profondeur à laquelle ils ont été capturés ou à une profondeur de 45 m (150 pi). Dans certaines zones de gestion, les pêcheurs pourraient devoir conserver le premier ou les deux premiers sébastes non-pélagiques qui ont été capturés.

Lacunes dans les connaissances et incertitudes

Incertitudes scientifiques

Bien que la recompression des sébastes grâce à l'utilisation de dispositifs de descente puisse réduire les taux de mortalité chez les sébastes remis à l'eau, plusieurs lacunes importantes dans nos connaissances demeurent, notamment en ce qui concerne les espèces qui fréquentent les eaux de la C.-B. Il existe des données éparses reposant sur des échantillons de très faibles tailles de sébastes cuivrés, de sébastes bruns, de sébastes à bandes jaunes et de sébastes-tigres, ainsi que bons nombres d'espèces du plateau continental, concernant les effets d'une recompression rapide. Les données sur la survie après la recompression sont encore plus rares, notamment pour les plages de températures et de profondeurs qui sont

pertinentes pour la C.-B. Nous disposons de peu d'information sur le *S. diaconus* nouvellement décrit, bien que celui-ci soit étroitement apparenté au sébaste bleu et pourrait se comporter de la même manière que ce dernier. Les données concernant la survie à long terme sont éparses, même pour les espèces qui ont fait l'objet d'études intensives, comme les sébastes noirs, canaris et aux yeux jaunes. La profondeur critique à laquelle les taux de survie déclinent rapidement est inconnue pour la plupart des espèces. Les taux de survie des sébastes canaris chutent entre 75 et 135 m, passant de 80 à 20 %. Si l'on connaissait plus précisément le seuil, on pourrait mettre en place un règlement de gestion pour interdire la pratique de la pêche en deçà d'une certaine profondeur. Cependant, cette profondeur critique varie vraisemblablement selon les espèces, car les taux de survie observés chez le sébaste aux yeux jaunes ne présentaient pas une réduction de cette importance de la survie aux mêmes profondeurs (Hannah et al. 2014). La pêche récréative à la ligne et à l'hameçon de toutes les espèces de poissons de fond est interdite par le WDFW en deçà de 36,6 m dans Puget Sound, Washington, dans le cadre d'un effort de réduction de cette incertitude à propos de la mortalité propre à l'espèce des sébastes, et ce à des fins de conservation.

Rankin et ses collaborateurs (2017) ont montré que des dommages internes graves et durables de la vessie natatoire et d'autres organes persistaient après 30 jours après la recompression chez l'espèce de sébaste aux yeux jaunes occupant les profondeurs, et Pribyl et ses collaborateurs (2012) ont trouvé que le premier problème auquel était confronté le sébaste noir après la recompression était la flottabilité négative résultant d'une rupture de la vessie natatoire. Si nous comprenons les conséquences, à l'échelle de la population, des effets comportementaux et sublétaux des barotraumatismes chez les sébastes recomprimés au travers d'un gradient de pression, cela nous aiderait grandement à évaluer la valeur des dispositifs de descente pour la conservation et la gestion du sébaste. De façon évidente, il existe certains coûts énergétiques et comportementaux, comme la capacité des poissons à se déplacer efficacement, à trouver des refuges et des proies et à éviter les prédateurs après leur remise à l'eau (Rankin et al. 2017). Cependant, les effets de ces coûts sur les populations de sébastes demeurent inconnus.

Le risque de prédation auquel font face les poissons recomprimés est également vraisemblablement différent selon les espèces, ou selon les tailles corporelles au sein d'une même espèce. On a montré que des sébastes aux yeux jaunes marqués mesurant moins de 40 cm affichaient des taux de survie inférieurs et étaient susceptibles de subir une pression par prédation plus élevée après la recompression (Hochhalter and Reed 2011). Nous devons mener davantage d'études de marquage-recapture ou de marquage acoustique chez des espèces de sébastes si l'on veut mieux comprendre ces risques (Pribyl et al. 2012).

Les taux de survie des sébastes recomprimés qui sont consignés dans la documentation scientifique émanent d'études scientifiques, et les taux de survie lorsque les poissons sont recomprimés par des pêcheurs récréatifs sont vraisemblablement différents. Les différences concernant le degré de stress, les blessures et le taux de mortalité qui en résulte varient selon l'expérience du pêcheur à la ligne qui manipule les poissons et de son degré de sensibilisation à la question de la survie des poissons (Pacific Fishery Management Council 2012). La durée de la manipulation, les blessures causées par les hameçons, la température et le temps passé sur le pont sont tous des facteurs que l'on sait influer sur la survie, lesquels sont difficiles à gérer dans le contexte d'une pêche récréative. Aucune recherche n'a été menée sur les dispositifs de descente les plus efficaces ou sur la profondeur optimale à laquelle on devrait relâcher les poissons. On manque également d'information sur les taux de survie lorsque les poissons sont capturés dans des pêches autres que la pêche à la ligne et à l'hameçon, comme les pêches au casier ou au chalut. Cependant, la mortalité chez les sébastes qui se tiennent près des côtes résultant de l'utilisation de casiers ou de chaluts est bien plus faible que celle qui

est enregistrée au cours de pêches à la ligne et à l'hameçon. D'autres types de blessures associées à ces pêches pourraient influer sur la survie après la recompression. D'autres lacunes dans nos connaissances concernent l'effet de plusieurs recaptures sur la survie et l'état de santé d'un poisson.

Information requise pour la gestion

Il reste maintenant à établir comment incorporer de façon optimale des dispositifs de descente dans la gestion de la pêche récréative. Si nous voulons établir des taux de mortalité appropriés pour leur utilisation dans les actualisations des prises, nous avons besoin de données sur la profondeur à laquelle les espèces sont capturées. À l'heure actuelle, nous ne disposons pas de données sur la profondeur à laquelle les poissons sont capturés dans la pêche récréative, et la capacité des pêcheurs à la ligne à identifier correctement les espèces de sébastes demeure incertaine. Les programmes de surveillance des prises (comme les enquêtes par interrogation des pêcheurs ou les sondages électroniques de l'effort et des prises) devront être élargis de manière à ce que l'on puisse recueillir des données sur l'identité des espèces de sébastes remises à l'eau par les pêcheurs, la profondeur à laquelle ces poissons ont été capturés et la proportion de pêcheurs utilisant des dispositifs de descente.

Le PFMC a consenti des efforts pour établir les taux de mortalité de sébastes aux yeux jaunes et de sébastes canaris recomprimés. Cependant, les estimations ne tiennent pas compte de résultats de recherches plus récents sur la mortalité à court et long terme de ces espèces lorsqu'elles sont capturées en profondeur (Hannah et al. 2014, Rankin et al. 2017), et reposent sur des données collectées sures des espèces indicatrices, qui pourraient ne pas être appropriées.

La mise en application réglementaire de l'utilisation de dispositifs de descente pourrait, de façon réaliste, être limitée à la possession obligatoire d'un dispositif de descente, comme c'est le cas en Orégon. Il est peu probable que l'utilisation adéquate d'un dispositif de descente puisse faire l'objet d'une mise en application. On a montré que la conformité aux mesures de conservation du sébaste existantes était faible, de même que la connaissance de la réglementation concernant la gestion de la pêche récréative (Lancaster et al. 2015, Haggarty et al. 2016, Lancaster et al. 2017). Ainsi, des programmes de mise en application, de sensibilisation et d'éducation visant à enseigner aux pêcheurs récréatifs comment identifier les sébastes, manipuler adéquatement les poissons et ramener ceux-ci vers les profondeurs seront nécessaires si l'on veut réussir à atténuer les taux de mortalité du sébaste.

Conclusions

Les espèces de sébastes affichent une certaine résilience dans leur capacité à se remettre d'un barotraumatisme et à survivre après la recompression. Cependant, les effets des barotraumatismes et les taux de survie sont des variables de nature complexe au sein de ce genre de poissons affichant une diversité élevée, et un certain nombre d'incertitudes demeurent. Bien que la recompression augmente le taux de survie des poissons rejetés qui, autrement, ne pourraient pas redescendre et, en conséquence, seraient vulnérables face au risque de prédation par des oiseaux et des mammifères, la prise en considération des incertitudes entourant la mortalité à court et à long terme des sébastes que l'on a fait redescendre complique le calcul des estimations de la mortalité. Étant donné l'incertitude entourant les effets à long terme des barotraumatismes à l'échelle des populations, le maintien d'aires de conservation du sébaste fermées à la pêche représente un élément crucial des plans de conservation et de reconstitution des stocks de sébastes. L'incorporation de l'utilisation volontaire ou obligatoire de dispositifs de descente dans la gestion des pêches récréatives au

sébaste exigera beaucoup d'attention, car une incertitude considérable entoure leur efficacité au chapitre de l'atténuation de la mortalité de ce poisson.

Collaborateurs

Collaborateurs	Organisme d'appartenance
Dana Haggarty	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Shane Petersen	Gestion des ressources halieutiques du MPO, région du Pacifique
Dayv Lowry	Washington Department of Fish and Wildlife
Adam Keizer	Gestion des ressources halieutiques du MPO, région du Pacifique
Greg Workman	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Shannon Balfry	Collaborateur indépendant
Lesley MacDougall	Centre des avis scientifiques du Pacifique

Approuvé par

Carmel Lowe
Directeur régional
Direction des sciences, Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada

26 Juin 2018

Sources de renseignements

Alesandrini, S., Bernardi, G. 1999. Ancient species flocks and recent speciation events: what can rockfish teach us about cichlids (and vice versa)? J. Mol. Evol. **49**: 814-818.

Beaudreau, A.H., Essington, T.E. 2007. Spatial, temporal, and ontogenetic patterns of predation on rockfishes by lingcod. Trans. Am. Fish. Soc. **136**: 1438-1452.

Benaka, L.R., Sharpe, L., Anderson, L., Brennan, K., Budrick, J.E., Lunsford, C., Meredith, E., Mohr, M.S., Villafana, C. 2014. Fisheries release mortality: identifying, prioritizing, and resolving data gaps. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO-142, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service.

Blain, B.J., Sutton, T.M. 2016. Reproductive Status and Blood Plasma Indicators of Sex and Gonad Maturation Status for Yelloweye Rockfish Following Barotrauma and Recompression Events. Trans. Am. Fish. Soc. **145**: 1234-1240.

California Sea Grant. 2008. Bring that rockfish down. *In* California Sea Grant. Éditeur : California Department of Fish and Game.

Chen, I. 2012. Putting rockfish back where they belong. Science **338**: 600-601.

MPO. 2017. Plan de gestion intégrée des pêches aux poissons de fond de la région du Pacifique, en vigueur le 21 février 2017. Pêches et Océans Canada, 2017, Vancouver (Colombie-Britannique).

Frable, B.W., Wagman, D., Frierson, T.N., Aguilar, A., Sidlauskas, B.L. 2015. A new species of *Sebastes* (*Scorpaeniformes*: *Sebastidae*) from the northeastern Pacific, with a redescription of the blue rockfish, *S. mystinus* (Jordan and Gilbert, 1881). Fish. Bull. **113**: 355-377.

Frid, A., McGreer, M., Haggarty, D.R., Beaumont, J., Gregr, E.J. 2016. Rockfish size and age: the crossroads of spatial protection, central place fisheries and indigenous rights. Global Ecol. Conserv. **8**: 170-182.

Haggarty, D.R., King, J.R. 2006a. CPUE as an index of relative abundance for nearshore reef fishes. Fish. Res. 81: 89-93.

Haggarty, D.R., King, J.R. 2006b. Hook and line survey of lingcod (*Ophiodon elongatus*) and rockfish (*Sebastes* spp.) in southern Strait of Georgia (statistical areas 18 and 19) June 19-29, 2005.

Haggarty, D.R., Martell, S.J.D., Shurin, J.B. 2016. Lack of recreational fishing compliance may compromise effectiveness of Rockfish Conservation Areas in British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **73**: 1587-1598.

Hannah, R.W., Matteson, K.M. 2007. Behavior of nine species of Pacific rockfish after hook-and-line capture, recompression, and release. Trans. Am. Fish. Soc. **136**: 24-33.

Hannah, R.W., Parker, S.J., Matteson, K.M. 2008a. Escaping the surface: The effect of capture depth on submergence success of surface-released Pacific rockfish. N. Am. J. Fish. Manage. **28**: 694-700.

Hannah, R.W., Rankin, P.S. 2011. Site fidelity and movement of eight species of pacific rockfish at a high-relief rocky reef on the Oregon coast. N. Am. J. Fish. Manage. **31**: 483-494.

Hannah, R.W., Rankin, P.S., Blume, M.T.O. 2012. Use of a Novel Cage System to Measure Postrecompression Survival of Northeast Pacific Rockfish. Mar. Coastal Fish. **4**: 46-56.

Hannah, R.W., Rankin, P.S., Blume, M.T.O. 2014. The divergent effect of capture depth and associated barotrauma on post-recompression survival of canary (*Sebastes pinniger*) and yelloweye rockfish (*S. ruberrimus*). Fish. Res. **157**: 106-112.

Hannah, R.W., Rankin, P.S., Penny, A.N., Parker, S.J. 2008b. Physical model of the development of external signs of barotrauma in Pacific rockfish. Aquat. Biol. 3: 291-296.

Hochhalter, S.J. 2012. Modeling submergence success of discarded yelloweye rockfish (*Sebastes ruberrimus*) and quillback rockfish (*Sebastes maliger*): Towards improved estimation of total fishery removals. Fish. Res. **127-128**: 142-147.

Hochhalter, S.J., Reed, D.J. 2011. The effectiveness of deepwater release at improving the survival of discarded yelloweye rockfish. N. Am. J. Fish. Manage. **31**: 852-860.

Hudson, S. 2015. How to release bottomfish right: Alleviate barotrauma in bottomfish with these fish descender devices. Sport Fishing.

Hyde, J.R., Vetter, R.D. 2007. The origin, evolution, and diversification of rockfishes of the genus *Sebastes* (Cuvier). Mol. Phylogenet. Evol. **44**: 790-811.

Ingram, T. 2011. Speciation along a depth gradient in a marine adaptive radiation. Proc. R. Soc. B: Biol. Sci. **278**: 613-618.

Jarvis, E.T., Lowe, C.G. 2008. The effects of barotrauma on the catch-and-release survival of southern California nearshore and shelf rockfish (*Scorpaenidae*, *Sebastes* spp.). Can. J. Fish. Aquat. Sci. **65**: 1286-1296.

Lancaster, D., Dearden, P., Ban, N.C. 2015. Drivers of recreational fisher compliance in temperate marine conservation areas: a study of RCAs in British Columbia, Canada. Global Ecol. Conserv. 645-657.

Lancaster, D., Haggarty, D.R., Volpe, J., Dearden, P., Ban, N.C. 2017. Effectiveness of shore-based remote camera monitoring for quantifying recreational fisher compliance in marine conservation areas. Aquat. Conserv.: Mar. Freshwat. Ecosyst. **27**: 804-813.

Love, M., Yoklavich, M., Thorsteinson, L. 2002. The Rockfishes of the Northeast Pacific. University of California Press, Los Angeles.

Lowry, D. 2016. The management of rockfish in Puget Sound: where do descending devices come in? Atelier portant sur la recompression du sébaste, Morris J. Wosk Centre for Dialogue, Simon Fraser University, Vancouver (Colombie-Britannique).

Matthews, K.R. 1990. An experimental study of the habitat preferences and movement patterns for copper, quillback, and brown rockfishes (*Sebastes* spp.). Environ. Biol. Fishes **29**: 161:178.

Oregon Department of Fish and Wildlife. 2016. Oregon 2017 bottomfish (groundfish) season.

Pacific Fishery Management Council. 2012. Groundfish Management Team progress report on developing mortality rates for rockfish released using descending devices. Pacific Fishery Management Council, Portland, Oregon, Agenda Item I.3.

Pacific Fishery Management Council. 2013. Groundfish Management Team report on proposed discard mortality for cowcod, canary rockfish, and yelloweye rockfish released using descending devices in the recreational fishery. Pacific Fishery Management Council, Portland, Oregon, Agenda Item D.5.

Parker, S.J., Berkeley, S.A., Golden, J.T., Gunderson, D.R., Heifetz, J., Hixon, M.A., Larson, R., Leaman, B.M., Love, M.S., Musick, J.A., O'Connell, V.M., Ralston, S., Weeks, H.J., Yoklavich, M.M. 2000. Management of Pacific rockfish. Fisheries **25**: 22-30.

Parker, S.J., McElderry, H.I., Rankin, P.S., Hannah, R.W. 2006. Buoyancy regulation and barotrauma in two species of nearshore rockfish. Trans. Am. Fish. Soc. **135**: 1213-1223.

Parker, S.J., Rankin, P.S., Hannah, R.W., Schreck, C.B. 2003. Discard mortality of trawl-caught lingcod in relation to tow duration and time on deck. N. Am. J. Fish. Manage. **23**: 530-542.

Pribyl, A.L., Kent, M.L., Parker, S.J., Schreck, C.B. 2011. The Response to Forced Decompression in Six Species of Pacific Rockfish. Trans. Am. Fish. Soc. **140**: 374-383.

Pribyl, A.L., Schreck, C.B., Kent, M.L., Kelley, K.M., Parker, S.J. 2012. Recovery potential of black rockfish, *Sebastes* melanops Girard, recompressed following barotrauma. J. Fish Dis. **35**: 275-286.

Pribyl, A.L., Schreck, C.B., Kent, M.L., Parker, S.J. 2009. The differential response to decompression in three species of nearshore Pacific rockfish. N. Am. J. Fish. Manage. **29**: 1479-1486.

Rankin, P.S., Hannah, R.W., Blume, M.T.O., Miller-Morgan, T.J., Heidel, J.R. 2017. Delayed effects of capture-induced barotrauma on physical condition and behavioral competency of recompressed yelloweye rockfish, *Sebastes ruberrimus*. Fish. Res. **186**: 258-268.

Richards, L.J. 1986. Depth and habitat distributions of 3 species of rockfish (*Sebastes*) in British-Columbia - observations from the submersible Pisces-iv. Environ. Biol. Fishes **17**: 13-21.

Richards, L.J., Cass, A.J. 1985. 1985 Research catch and effort data on near shore reef-fishes in the Strait of Georgia B.C. (Statistical Areas 15 and 16).

Roach, J.P., Hall, K.C., Broadhurst, M.K. 2011. Effects of barotrauma and mitigation methods on released Australian bass Macquaria novemaculeata. J. Fish Biol. **79**: 1130-1145.

Rogers, B.L., Lowe, C.G., Fernández-Juricic, E. 2011. Recovery of visual performance in rosy rockfish (*Sebastes rosaceus*) following exophthalmia resulting from barotrauma. Fish. Res. **112**: 1-7.

Rogers, B.L., Lowe, C.G., Fernandez-Juricic, E., Frank, L.R. 2008. Utilizing magnetic resonance imaging (MRI) to assess the effects of angling-induced barotrauma on rockfish (*Sebastes*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. **65**: 1245-1249.

Rummer, J.L., Bennett, W.A. 2005. Physiological effects of swim bladder overexpansion and catastrophic decompression on red snapper. Trans. Am. Fish. Soc. **134**: 1457-1470.

Theberge, S., Parker, S.J. 2006. Release methods for rockfish. Oregon State University, Corvalis.

Wargo, L. 2016. Protecting Washington's rockfish: barotrauma-descending devices, angler outreach and education. Atelier portant sur la recompression du sébaste, Morris J. Wosk Centre for Dialogue, Simon Fraser University, Vancouver (Colombie-Britannique).

Washington Department of Fish and Wildlife (WDFW). 2013. Protect Washington's rockfish. Éditeur : WDFW.

Wegner, N., Bellquist, L., Nosal, A.P., Hastings, P.A., Hyde, J. 2016. Post-release survival and behavior of two deep-dwelling rockfishes (Cowcod, *Sebastes levis*, and Bocaccio, *S. paucispinis*) suffering from barotrauma: using recompression devices to reduce bycatch mortality. Western Groundfish Conference, Newport, Oregon.

Yamanaka, K.L., Logan, G. 2010. Developing British Columbia's Inshore Rockfish Conservation Strategy. Mar. Coast. Fish. Dynam. Manage. Ecosys. Sci. **2**: 28-46.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : (250) 756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2018

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2018. Examen de l'utilisation de dispositifs de recompression comme outils pour réduire les effets des barotraumatismes chez les sébastes en Colombie-Britannique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2018/043.

Also available in English:

DFO. 2018. A Review of the Use of Recompression Devices as a Tool for Reducing the Effects of Barotrauma on Rockfishes in British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2018/043.